

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-305338

(P2002-305338A)

(43) 公開日 平成14年10月18日 (2002. 10. 18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		G 0 1 R 33/06	R

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-398384 (P2001-398384)

(22) 出願日 平成13年12月27日 (2001. 12. 27)

(31) 優先権主張番号 特願2001-12122 (P2001-12122)

(32) 優先日 平成13年1月19日 (2001. 1. 19)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 船山 知己
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 高岸 雅幸
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100058479
弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

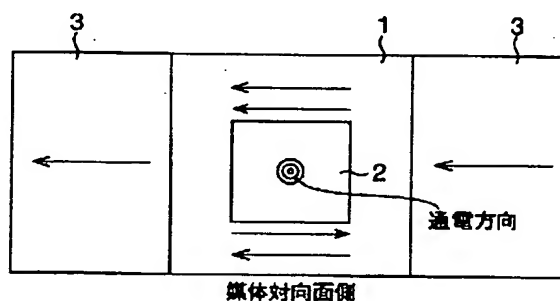
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 垂直通電型磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド、および磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 垂直通電磁界の影響を低減させることができる垂直通電型磁気抵抗効果素子を含む磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 磁気抵抗効果膜 (1) と、磁気抵抗効果膜 (1) の膜面に垂直に電流を通電するように配置された電極 (2) と、磁気抵抗効果膜 (1) の近傍に形成され、磁気抵抗効果膜 (1) に所定方向のバイアス磁界を付与するバイアス印加膜 (3) とを具備し、磁気抵抗効果膜 (1) の信号磁束が流入する側において、バイアス印加膜 (3) の磁界の方向と前記電流により発生する磁界の方向とが実質的に反平行となっている。媒体磁束がセンサー感磁部へ流入する部分でバイアス磁界とセンス電流磁界が打ち消す方向に働くため、この部分での透磁率の低下を抑制することができ、センサーの感度を高めることができる。



← : センス電流磁界方向

← : ハード膜バイアス磁界方向

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して垂直な方向に電流を通電可能とする一対の電極と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して平行な方向にバイアス磁界を付与するバイアス印加膜とを具備し、前記磁気抵抗効果膜における信号磁束の流入部分の近傍で、前記バイアス印加膜の磁界の方向と前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して垂直な方向に通電される電流により発生する磁界の方向とが実質的に反平行となることを特徴とする垂直通電型磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して垂直な方向に電流を通電可能とする一対の電極と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して平行な方向にバイアス磁界を付与するバイアス印加膜と、前記磁気抵抗効果膜における信号磁束の流入部分の近傍に信号磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くよう設けられた磁性層とを具備し、前記磁性層において前記バイアス印加膜の磁界の方向と前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して垂直な方向に通電される電流により発生する磁界の方向とが実質的に反平行となることを特徴とする垂直通電型磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記磁気抵抗効果膜の媒体対向面側の端部と、前記バイアス印加膜の媒体対向面側の端部とが、同一平面上となるように形成されていることを特徴とする請求項1に記載の垂直通電型磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 前記磁性層の媒体対向面側の端部と、前記バイアス印加膜の媒体対向面側の端部とが、同一平面上となるように形成されていることを特徴とする請求項2に記載の垂直通電型磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 前記磁気抵抗効果膜が、2層の強磁性層の間に非磁性導電層を挟んだ構造を有することを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれかに記載の垂直通電型磁気抵抗効果素子を備える磁気ヘッド。

【請求項7】 磁気記録媒体と、請求項6に記載の磁気ヘッドとを具備したことを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は垂直通電型磁気抵抗効果素子、垂直通電型磁気抵抗効果素子を含む磁気ヘッド、およびこの磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスク装置などの磁気記録装置では急速に小型・高密度化が進んでおり、今後さらに高密度化されることが見込まれている。磁気記録において高密度化を達成するには、記録トラック幅を狭くして記録トラック密度を高めるとともに、長手方向の記

録密度すなわち線記録密度を高める必要がある。

【0003】しかし、面内の長手記録方式では記録密度が高くなるにつれ反磁界が大きくなり、再生出力の低下を招くとともに安定な記録が行えなくなるという問題点がある。これらの問題点を改善するために垂直記録方式が提案されている。垂直記録方式は記録媒体を膜面と垂直方向に磁化して記録するものであり、長手記録方式と比較して、記録密度を高めても反磁界の影響が少なく再生出力の低下などが抑制される。

【0004】従来、長手記録方式、垂直記録方式ともに、媒体信号の再生には誘導型ヘッドが用いられてきたが、誘導型ヘッドでは高密度化に伴い記録トラック幅が狭くなり記録された磁化の大きさが小さくなると、十分な再生信号出力が得られなくなる。そこで、記録された磁化の大きさが小さくなくても十分な再生信号出力が得られるように、異方性磁気抵抗効果（AMR）を用いた再生感度の高いAMRヘッドが開発され、シールド型再生ヘッドとして用いられるようになった。最近では、巨大磁気抵抗効果（GMR）を応用した、より感度の高いスピンバルブ型GMRヘッドが用いられるようになっていく。

【0005】また、さらに高い再生感度が期待されるトンネル磁気抵抗効果（TMR）やCPP（Current Perpendicular to the Plane）-GMR素子を用いた磁気ヘッドの開発と実用化のための研究も進められている。これらの素子では膜面に垂直方向にセンス電流が流される。CPP-GMR素子は、例えば特開平10-55512号公報および米国特許第5,668,688号公報に開示されている。このように再生感度の高い磁気ヘッドが開発され、それらを用いることによって、記録ビットサイズがごく小さくても記録信号の再生が可能になってきた。

【0006】記録トラックの線記録密度を高めるためには、磁気ヘッドのギャップを狭くする必要がある。従来の磁気抵抗効果を用いた磁気ヘッドでは1対のシールド間の間隔で規定されるヘッドギャップ内に磁気抵抗効果素子を形成している。AMRヘッドでもスピンバルブGMRヘッドでも、磁気抵抗効果素子の厚さとして30nm程度を必要とし、シールドとの絶縁を考慮するとシールド間の間隔として100nm程度を必要とする。このように従来の磁気ヘッドにおいては、ヘッドギャップを狭めることができる限度は100nm程度であり、線記録密度を高める上で大きな制約が生じている。こうした背景から、狭ギャップ化に対応するために、媒体対向面側にフラックスガイドを形成し、センサー部を媒体対向面から後退させて形成する構造が提案されている。特に、CPP-GMR素子では、シールド間にGMR素子と上下一対の電極を設置する必要があり、これらの厚さが狭ギャップ化に対して大きな制約となっている。そこで、CPP-GMR素子で狭ギャップ化に対応するため

には、媒体対向面側にフラックスガイドを形成して電極部分を媒体対向面から後退させ、媒体対向面においてシールド間に薄いフラックスガイドのみが配置されるようにすることが有効である。

【0007】磁気抵抗効果膜におけるバルクハウゼンノイズ(Barkhausen noise)を抑制するためには、磁気抵抗効果膜の両端にバイアス膜を設置してバイアス磁界を印加することが有効である。しかし、本発明者らは、記録密度向上のために狭トラック化が進むにつれ、バイアス膜間の距離を狭くすると、磁気抵抗効果膜にバイアス磁界が強くなりすぎて磁化反転が困難になるため素子の感度が低下するという問題が生ずることを見出した。

【0008】また、従来の膜面内にセンス電流を通電するCIP(Current In Plane)-GMR素子では、センス電流が作り出す電流磁界、ピン層からフリー層への静磁結合磁界、およびピン層-フリー層間の層間結合磁界という3つの磁界のバランスを取ることで動作点を決めていた。しかし、膜面に垂直にセンス電流を通電する素子では、センス電流磁界が電流中心に対し円形に加わるため、上述した動作点の設計手法が使えなくなる。しかも、センス電流磁界はセンス電流を供給する電極のエッジ部で最も強くかかるために、センサー感磁部である電極下部の磁気抵抗効果膜への媒体磁束の流入が妨げられ、センサーの感度が低下する。

【0009】これらの問題は前述した特開平10-55512号公報および米国特許第5,668,688号のいずれにも示唆されておらず、これらの文献に開示されている構成では十分な解決が困難な課題である。

【0010】上述したセンス電流磁界によって媒体磁束の流入が阻害されるという問題は、記録密度が高まるほどすなわちセンサーである磁気抵抗効果素子および電極のサイズが小さくなるほど顕著になる。例えば、100 Gbpsを越える記録密度に対応するために、電極のサイズを1 μm 以下にすると、電極下部の磁気抵抗効果膜への媒体磁束の流入が妨げられる。特に電極のサイズが小さい場合、ある程度の出力を得るためには大きなセンス電流を通電する必要があるため、上述の問題点が顕著になる。

【0011】実際に、(電極サイズ、GMR膜サイズ)が、それぞれ(0.5 μm 、1.2 μm)、(0.3 μm 、0.7 μm)、(0.2 μm 、0.5 μm)、(0.1 μm 、0.3 μm)である4種類のCPP-GMR素子を作製し、5mAのセンス電流を通電して、センス電流磁界が加わった状態でのGMR膜の磁束密度分布を調べた。その結果、(電極サイズ、GMR膜サイズ)が(0.5 μm 、1.2 μm)であるCPP-GMR素子ではGMR膜の磁束密度は十分小さかったが、電極サイズが小さくなるにつれて、他の領域に比べて電極のエッジ部において、GMR膜の磁束密度が顕著に強くなることが認められた。図22に、電極

サイズと、電極のエッジ部におけるGMR膜の最大磁束密度との関係を示す。また、図23に、(電極サイズ、GMR膜サイズ)が(0.1 μm 、0.3 μm)であるCPP-GMR素子について、センス電流の大きさと電極のエッジ部におけるGMR膜の最大磁束密度との関係を示す。

【0012】これらの結果を総合的に判断して、電極サイズが0.3 μm 以下でセンス電流値が1mA以上の場合、特に0.1 μm 以下でセンス電流値が3mA以上の場合には、電極下部への媒体磁束の流入が妨げられないような対策をとり、センサーの感度を上げることが必要になる。

【0013】また、ハードディスクなどの磁気記憶装置では高記録密度化が進むにつれ磁気ヘッドと記憶媒体との距離である浮上量が徐々に低下している。このような浮上量の低下は、記憶媒体のわずかな突起にヘッドが衝突する確率が高まることを意味し、実際TA(Thermal Asperity)ノイズが問題となっている。したがって、磁気抵抗効果素子が直接媒体対向面に露出しないように、ヨークを介して磁束を磁気抵抗効果素子に引き込むヨーク型のヘッド構造を採用することが好ましい。ヨーク型磁気ヘッドのうちでも、磁気抵抗効果素子とその膜面が媒体対向面と平行するように設ける水平ヨーク型磁気ヘッドは、磁気抵抗効果素子全体を媒体近くに設置することができるため有利である。こうしたヨーク型磁気ヘッドにおいても、強いバイアス磁界が印加されたり、強いセンス電流磁界が印加されたりすると、センサーの感度が低下するという問題があり、センサーの感度を上げることが必要になる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、垂直通電磁界およびバイアス磁界の影響を低減して感度を上げることができる垂直通電型磁気抵抗効果素子、この垂直通電型磁気抵抗効果素子を含む磁気ヘッド、およびこの磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の一態様に係る垂直通電型磁気抵抗効果素子は、磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して垂直な方向に電流を通電可能とする一対の電極と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して平行な方向にバイアス磁界を付与するバイアス印加膜とを具備し、前記磁気抵抗効果膜における信号磁束の流入部分の近傍で、前記バイアス印加膜の磁界の方向と前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して垂直な方向に通電される電流により発生する磁界の方向とが実質的に反平行となることを特徴とする。

【0016】本発明の他の態様に係る垂直通電型磁気抵抗効果素子は、磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して垂直な方向に電流を通電可能とする一対

の電極と、前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して平行な方向にバイアス磁界を付与するバイアス印加膜と、前記磁気抵抗効果膜における信号磁束の流入部分の近傍に信号磁束を前記磁気抵抗効果膜に導くよう設けられた磁性層とを具備し、前記磁性層において前記バイアス印加膜の磁界の方向と前記磁気抵抗効果膜の膜面に対して垂直な方向に通電される電流により発生する磁界の方向とが実質的に反平行となることを特徴とする。

【0017】上記の磁気抵抗効果膜の信号磁束が流入する側に設けられた磁性層は、信号磁束を磁気抵抗効果膜へ導入するフラックスガイドとして機能する。この磁性層は、磁気抵抗効果膜全体でもよいし、磁気抵抗効果膜のうちフリー層を媒体対向面側に延長して形成された磁性層でもよいし、磁気抵抗効果膜とは別に設けたNiFeなどの軟磁性層でもよい。

【0018】

【発明の実施の形態】磁気抵抗効果膜はTMR膜であってもCPP-GMR膜であってもよい。CPP-GMR膜に含まれるGMR膜としては、例えば2層の強磁性層の間に導電性の非磁性中間層を挟んだ構造を有するものが挙げられる。この構造では、一方の強磁性層は例えば反強磁性層を積層することにより磁化が固着された磁化固着層（ピン層）として、他方の強磁性層は外部磁界により磁化が自由に回転する磁化自由層（フリー層）として機能する。なお、これらの層に加えて、下地層、保護層などを設けてもよい。

【0019】バイアス印加膜としては、CoPtなどの硬質磁性膜や、PtMn、IrMnなどの反強磁性膜を用いることができる。磁気抵抗効果膜の膜面に沿って所定の方向にバイアス磁界を印加するように、磁気抵抗効果膜の両側に一对のバイアス印加膜が設けられる。バイアス印加膜は、磁気抵抗効果膜の両側に隣接して設置してもよいし、磁気抵抗効果膜の両側の下または上に設置してもよいし、磁気抵抗効果膜の両側の一部にオーバーラップさせるように設置してもよい。これらの設置方法はバイアス印加膜の磁気特性や膜厚に応じて、最適なバイアス磁界が磁気抵抗効果膜にかかるような組み合わせで選ぶことが望ましい。

【0020】磁気抵抗効果膜の膜面に対してほぼ垂直な方向に電流を通電するように、磁気抵抗効果膜の上下に一对の電極が設けられる。電極はCuなどの導電膜で形成してもよく、また磁気抵抗効果膜のフリー層以外の部分、例えば保護膜、反強磁性膜、ピン層の部分を電極として用いてもよい。これらの電極は、磁気抵抗効果膜の中央部に、磁気抵抗効果膜の両側に設けられたバイアス印加膜から離し、かつ媒体対向面から後退するように設けることが好ましい。このように電極を設けると、電極と媒体対向面との間に存在する磁気抵抗効果膜はフラックスガイドとして機能する。なお、上述したように、フラックスガイドは、媒体対向面側へ延長して形成された

フリー層の一部でもよいし、磁気抵抗効果膜とは別に設けた軟磁性層でもよい。このようにして磁気抵抗効果膜の上下に設置された電極は、ピラー形状をなしており、バイアス印加膜近傍にあり強いバイアス磁界を受けて感度が低くなる領域を避けて感度の高い領域の磁気抵抗効果膜にのみセンス電流を絞って通電することができる。このため、磁気抵抗効果膜としてGMR膜を用いた場合に、その膜内の電流分布を最適にするのに有利である。なお、ほぼ同じ大きさの電極を磁気抵抗効果膜の上下に位置ずれなく形成することは困難なので、どちらか一方の電極を他方の電極に比べ広くすることで位置ずれ誤差の影響を軽減することが好ましい。

【0021】フラックスガイドとする磁性層を磁気抵抗効果膜と別に設ける場合、この磁性層は、磁気抵抗効果膜のフリー層に接する構成となることが好ましいが、フリー層に磁束を導入可能であればこの構成に限定されるものではない。例えばフリー層とフラックスガイドとしての磁性層とが接触していなくともよく、これらの間に非磁性の薄い密着層などを介してもよい。

【0022】また、フラックスガイドとしての磁性層は、バイアス印加膜に接する構成となることが好ましいが、バイアス印加膜がこの磁性層の端部で磁化が安定する程度に十分なバイアス磁界を印加可能であれば、この構成に限定されるものではない。例えばバイアス印加膜とフラックスガイドとしての磁性層とが接触していなくともよく、これらの間に非磁性の薄い密着膜などを介してもよい。

【0023】バイアス印加膜はフラックスガイドを含む磁気抵抗効果膜の両側に設けることが好ましい。この場合、フラックスガイドの媒体対向面側の端部を、バイアス印加膜の媒体対向面側の端部と同一平面上となるように形成してもよい。また、フラックスガイドの媒体対向面側の端部の一部を、バイアス印加膜の媒体対向面側の端部よりも媒体側へ突出するように形成してもよい。

【0024】本実施形態の垂直通電型磁気抵抗効果素子では、信号磁束がセンサー感磁部へ流入する側において、バイアス印加膜の磁界と磁気抵抗効果膜の膜面に垂直に通電されるセンス電流磁界とが実質的に反平行となり、互いに打ち消す方向に働く。このため、磁気抵抗効果膜の信号磁束がセンサー感磁部へ流入する側の透磁率を高めることができ、磁気抵抗効果素子の最適な動作点を得ることができ、センサーの感度を高めることができる。なお、バイアス磁界とセンス電流磁界は必ずしも完全に打ち消す必要はなく、むしろ信号磁束流入側に弱いバイアス磁界をかけて単磁区化を図れば、バルクハウゼンノイズを抑制することもできる。このように、媒体対向面側においてセンス電流磁界とバイアス磁界とが反平行となるようにし、それぞれの磁界を適切に設定すれば、出力向上とバルクハウゼンノイズ抑制という2つの効果を両立させることができる。

【0025】また、フラックスガイドの媒体対向面側の端部と、バイアス印加膜の媒体対向面側の端部とが、同一平面上となるように形成されている場合には、フラックスガイドにおいてバイアス磁界が安定になるうえに、製造工程も簡単になるという利点がある。

【0026】本実施形態は、高記録密度化に対応するために、電極を小さくし、センス電流値を大きくした場合に、特に有効である。具体的には、電極サイズが $0.3\mu\text{m}$ 以下でセンス電流値が 1mA 以上の場合、特に $0.1\mu\text{m}$ 以下でセンス電流値が 3mA 以上の場合に、顕著な効果が得られる。

【0027】センス電流 I は、磁気抵抗効果膜の信号磁束が流入する側でバイアス磁界の方向に対して実質的に反平行なセンス電流磁界が発生するように通電する場合を+方向とした場合、 $0 < I < 20\text{mA}$ の範囲に設定することが好ましい。この条件を満たしていれば、出力向上とバルクハウゼンノイズ抑制の両立が可能となる。このとき、センス電流磁界強度をバイアス磁界強度に対抗できるようにするのが好ましいが、センス電流が大きすぎると素子の発熱が問題となる。これらの観点から、センス電流 I を $3 \leq I \leq 15\text{mA}$ の範囲に設定することがより好ましい。

【0028】他の実施形態の垂直通電型磁気抵抗効果素子において、磁気抵抗効果膜は信号磁束に対する対向面の長さが信号磁束に対する対向面からの奥行よりも大きくしてもよい。この場合、磁気抵抗効果膜に形状異方性磁界が付与され、磁気抵抗効果膜の磁化が長手方向に安定になる。また、センス電流磁界、バイアス磁界および形状異方性磁界が印加されるので、磁気抵抗効果膜の透磁率を高めて最適動作点を安定して得られるようになるとともに、磁気抵抗効果膜の単磁区化も容易になり、結果として感度を高めることができる。

【0029】さらに他の実施形態の垂直通電型磁気抵抗効果素子において、電極は信号磁束に対する対向面の長さが信号磁束に対する対向面からの奥行よりも大きくしてもよい。この場合、センス電流磁界が直線的になり、上記の効果が安定に得られるようになる。

【0030】上記のような垂直通電型磁気抵抗効果素子は、これを挟むように形成された1対の磁気シールドと組み合わせて、シールド型ヘッドに適用することができる。この場合、磁気抵抗効果膜の媒体対向面側にフラックスガイドを設け、媒体対向面ではシールド間にフラックスガイドのみが配置されるようにし、媒体対向面側でバイアス磁界と磁気抵抗効果膜の膜面に垂直に通電されるセンス電流により発生する磁界とが実質的に反平行となるようにする。

【0031】上記のような垂直通電型磁気抵抗効果素子は、信号磁束が導入される磁気ヨークと組み合わせてヨーク型ヘッドに適用することもできる。例えば、水平ヨーク型の場合、電極をギャップ直上からずらしてヨーク

上などの実質的に不感部になる部分に対応する位置に配置し、ギャップ直上の最も感度の高い磁気抵抗効果膜の部分でバイアス磁界の方向と膜面に垂直に通電されるセンス電流により発生する磁界の方向が実質的に反平行となるようにすればよい。

【0032】さらに他の実施形態においては、磁気記録媒体と、上記のような磁気ヘッドとを有する磁気記録再生装置も提供される。この磁気記録再生装置を用いて磁気記録を再生する際には、磁気記録媒体からの信号磁束が流入する側で、バイアス印加膜の磁界の方向と磁気抵抗効果膜の膜面に垂直に通電されるセンス電流により発生する磁界の方向とが実質的に反平行となるようにセンス電流を通電する。

【0033】以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。図1は一実施形態に係る垂直通電型磁気抵抗効果素子の平面図である。この図において、下側が媒体対向面となる。磁気抵抗効果膜1としてはトンネル接合型磁気抵抗効果膜（TMR膜）またはCPP-GMR膜が用いられており、紙面に直交する方向に膜が積層されている。磁気抵抗効果膜1の上下には、Cuからなる電極2が形成されている。磁気抵抗効果膜1の両側にCOPtからなるバイアス印加膜3、3が配置されている。

【0034】図2にTMR膜の例を示す。図2のTMR膜は、Taからなる下地層21、PtMnからなる反強磁性層22、CoFe/Ru/CoFeの三層膜からなる磁化固着層（ピン層）23、AlOxからなるトンネル接合層24、CoFe/NiFeの二層膜からなる磁化自由層（フリー層）25およびTaからなる保護層26を積層した構造を有する。

【0035】図3にCPP-GMR膜の例を示す。図3のCPP-GMR膜は、Taからなる下地層31、PtMnからなる反強磁性層32、CoFe/Ru/CoFeの三層膜からなる磁化固着層（ピン層）33、Cuからなる非磁性中間層（スペーサー層）34、CoFe/NiFeの二層膜からなる磁化自由層（フリー層）35およびTaからなる保護層36を積層した構造を有する。

【0036】なお、TMR膜またはCPP-GMR膜の各層の積層順序は図2または図3と逆になってもよい。また、TMR膜またはCPP-GMR膜は、フリー層を中心としてピン層が上下対称に設けられたデュアル型となってもよい。

【0037】図4は図1の垂直通電型磁気抵抗効果素子の断面図である。この図に示されるように、バイアス印加膜3、3は、磁気抵抗効果膜1の両側に隣接して設置されている。なお、バイアス印加膜は、図5または図6に示すような仕方で配置してもよい。図5はバイアス印加膜3、3に磁気抵抗効果膜1をオーバーラップさせた場合を示している。図6は磁気抵抗効果膜1の上にバイ

アス印加膜3、3を設置した場合を示している。

【0038】バイアス印加膜3、3としてC o P tのような硬質磁性膜を用いる場合は図4または図5の構造が望ましい。バイアス印加膜3、3としてP t M nのような反強磁性膜を用いる場合には図5または図6の構造が望ましい。

【0039】図1に示したように、C o P tからなるバイアス印加膜3、3の着磁方向は図の左向きの方に設定されている。センス電流は電極2に対して紙面の下から上向きに磁気抵抗効果膜1の膜面に垂直に通電され、電極2を中心として図の矢印で示す方向にセンス電流磁界が発生する。この結果、媒体からの信号磁束が流入する媒体対向面側で、バイアス印加膜3の磁界の方向と磁気抵抗効果膜1の膜面に垂直に通電される電流により発生する磁界の方向とが実質的に反平行となる。このように、媒体対向面側でバイアス磁界とセンス電流磁界が互いに打ち消す方向に働くので、磁気抵抗効果膜1の信号磁束がセンサー感磁部へ流入する側の透磁率の低下を抑制できる。また、媒体磁束が、センス電流磁界によって妨げられることなく、感磁部である電極直下の磁気抵抗効果膜に流入するので感度を維持することができる。一方、媒体対向面と反対側では両者の磁界が重なり合うため強いバイアス磁界が加わり、その部分での透磁率が低下する。しかし、この部分は感磁部でもなく媒体磁束の吸い込みにも寄与しないので問題とならない。

【0040】図7は他の実施形態に係る垂直通電型磁気抵抗効果素子の平面図である。図7の素子は、バイアス印加膜3を磁気抵抗効果膜1の媒体対向面よりも後退して設けた以外は、図1と同様な構造を有する。

【0041】この構造では、例えばバイアス膜間の距離が狭い場合のようにバイアス膜からの磁界が強すぎるときに、適度な大きさの磁界を磁気抵抗効果膜1の媒体対向面側にかけることが可能になる。

【0042】図8および図9はそれぞれ他の実施形態に係る垂直通電型磁気抵抗効果素子の平面図である。図8の素子は、媒体対向面と反対側で電極2と重なっていない磁気抵抗効果膜1の部分をなくした以外は図1と同様な構造を有する。また、図9の素子は、媒体対向面と反対側で電極2と重なっていない磁気抵抗効果膜1の部分をなくした以外は図7と同様な構造を有する。

【0043】図8または図9の素子では、媒体対向面と反対側においてバイアス磁界とセンス電流磁界が重なり合って透磁率が低下して磁化が動きにくくなる部分をなくしているので、その部分の影響により他の部分の磁化が動きにくくなるのを防ぐことができ、全体として感度の低下を防止できる。

【0044】図10は他の実施形態に係る垂直通電型磁気抵抗効果素子の平面図である。この素子における磁気抵抗効果膜1は、媒体対向面に沿う長さが媒体対向面からの奥行きよりも大きく、媒体対向面に沿って横長の形状

となっている以外は図8と同様な構造を有する。この場合、磁気抵抗効果膜1に横方向の形状異方性を付与することができ、バイアス印加膜3、3からのバイアス磁界に異方性磁界を加えることができるので、磁気抵抗効果膜1を容易に単磁区化することができる。

【0045】図11および図12はそれぞれ他の実施形態に係る垂直通電型磁気抵抗効果素子の平面図である。図11の素子は、バイアス印加膜3を磁気抵抗効果膜1の媒体対向面よりも後退して設けた以外は、図10と同様な構造を有する。図12の素子は、媒体対向面側の磁気抵抗効果素子1の突出部分の幅を電極2とほぼ同程度の幅にしている以外は図11と同様な構造を有する。

【0046】これらの構造では、磁気抵抗効果膜にバイアス磁界とともに形状異方性磁界を加えて磁気抵抗効果膜を単磁区化しやすくするとともに、例えばバイアス膜間の距離が狭い場合のようにバイアス膜からの磁界が強すぎるときに適度な大きさの磁界を磁気抵抗効果膜1の媒体対向面側にかけることが可能になる。

【0047】図13は他の実施形態に係る垂直通電型磁気抵抗効果素子の平面図である。図13の素子における電極2は、媒体対向面に沿う長さが媒体対向面からの奥行きよりも大きく、媒体対向面に沿って横長の形状となっている以外は図1と同様な構造を有する。

【0048】この構造では、媒体対向面側でのセンス電流磁界の直線性が良好になり、バイアス磁界との相殺効果が向上する。したがって、媒体対向面側の磁気抵抗効果膜1のバイアス制御がより容易になる。

【0049】図14および図15はそれぞれ他の実施形態に係る垂直通電型磁気抵抗効果素子の平面図である。図14の素子は、バイアス印加膜3を磁気抵抗効果膜1の媒体対向面よりも後退して設けた以外は、図13と同様な構造を有する。図15の素子は、媒体対向面側の磁気抵抗効果素子1の突出部分の幅を電極2とほぼ同程度の幅にしている以外は図14と同様な構造を有する。

【0050】これらの構造では、媒体対向面側でのセンス電流磁界の直線性が良好になりバイアス磁界との相殺効果が向上するとともに、例えばバイアス膜間の距離が狭い場合のようにバイアス膜からの磁界が強すぎるときに適度な大きさの磁界を磁気抵抗効果膜1の媒体対向面側にかけることが可能になる。したがって、媒体対向面側の磁気抵抗効果膜1のバイアス制御がより一層容易になる。

【0051】さらに図15のように、媒体対向面側の磁気抵抗効果素子1の突出部分の幅を電極2とほぼ同程度の幅にすると、磁気抵抗効果膜1に横方向の形状異方性を付与できる。したがって、バイアス磁界に形状異方性磁界を加えることができ、磁気抵抗効果膜をさらに容易に単磁区化することができる。

【0052】図1および図7～図15に示した磁気抵抗効果素子の構造のうちでは、図1、図8、図10および

図13のように、磁気抵抗効果膜1の媒体対向面側の端部と、バイアス印加膜3の媒体対向面側の端部とが、同一平面上となっていることが好ましい。この場合、磁気抵抗効果膜1の媒体対向面側においてバイアス磁界が安定になるうに、製造工程も簡単になるという効果が得られる。

【0053】また、図1、図8、図10および図13では、磁気抵抗効果膜1の一部をフラックスガイドとして用いており、フラックスガイド部分の厚さは他の部分の磁気抵抗効果膜1の厚さと等しくなっている。一方、図16に示すように、磁気抵抗効果膜1と媒体対向面との間に、例えばNiFeなどからなる軟磁性層11を設けてフラックスガイドを形成し、軟磁性層11の媒体対向面側の端部と、バイアス印加膜3の媒体対向面側の端部とが、同一平面上となるようにしてもよい。なお、図16に示すフラックスガイドは、磁気抵抗効果膜1のフリー層のみを媒体対向面側に延長して形成してもよい。この場合にも、磁気抵抗効果膜1の媒体対向面側においてバイアス磁界が安定になるうに、新たな層を形成する工程を要しないことから製造工程も簡単になるという効果が得られる。また、上記のようにフラックスガイドを磁気抵抗効果膜1とは別に設けられた磁性層または磁気抵抗効果膜1のフリー層の一部で形成すれば、フラックスガイドをより薄くできるので、狭ギャップ化に有利である。

【0054】図17は一実施形態に係るシールド型磁気ヘッドの斜視図である。この図において、下側が媒体対向面となる。磁気抵抗効果膜1の上下には、Cuからなる電極2が形成されている。磁気抵抗効果膜1の両側にCoPtからなるバイアス印加膜3、3が配置されている。この磁気抵抗効果素子は図1と同様な構造を有する。さらに、電極2に接してNiFeからなる磁気シールド4が配置されている。なお、この図では、片側の磁気シールドは図示を省略している。

【0055】図18は図17のシールド型磁気ヘッドを媒体対向面から見た平面図である。磁気抵抗効果膜1の上下には電極2、2が形成されている。磁気抵抗効果膜1の両側にはバイアス印加膜3、3が配置されている。これらの部材は一对のシールド4、4間にAl₂O₃などからなる絶縁膜6によって絶縁された状態で挟まれている。この実施形態では、磁気シールド4は通電リードを兼ねるものとして形成されている。

【0056】このシールド型磁気ヘッドでは、媒体対向面側でCoPtからなるバイアス印加膜3の着磁方向とセンス電流磁界が相殺されるように、センス電流の通電方向が決められている。したがって、媒体磁束が、センス電流磁界に妨げられることなく、感磁部である電極2直下の磁気抵抗効果膜1に流入するので、シールド型磁気ヘッドの感度を維持することができる。

【0057】なお、図1、図7乃至図15では、電極2

の媒体対向面側の端面が磁気抵抗効果膜1の媒体対向面側の端面より後退した例を示した。しかし、原理的に磁気抵抗効果膜の信号磁束が流入する側でバイアス磁界の方向とセンス電流磁界の方向とが実質的に反平行になっていればよいので、これらの例に限らず、電極2の媒体対向面側の端面が磁気抵抗効果膜1の端面と同一面あるいはそれよりも媒体よりに形成された形態も本発明に含まれる。

【0058】図19は一実施形態に係る水平ヨーク型磁気ヘッドの斜視図である。この図において、下側が媒体対向面となる。磁気抵抗効果膜1の上には、Cuからなる電極2が形成されている。磁気抵抗効果膜1の両側にCoPtからなるバイアス印加膜3、3が配置されている。さらに、磁気抵抗効果膜1の下側には、磁気ギャップを規定するNiFeからなる磁気ヨーク5が形成されている。電極2は磁気ヨーク5のギャップの真上からずれた位置に形成されており、磁気ヨーク5のギャップの真上に磁気抵抗効果膜1が位置している。電極2の下側に位置する磁気ヨーク5は他方の電極として機能する。

【0059】この水平ヨーク型磁気ヘッドでは、磁気ヨーク5のギャップの真上に位置する磁気抵抗効果膜1の部分で、媒体対向面側でCoPtからなるバイアス印加膜3の着磁方向とセンス電流磁界が相殺されるように、センス電流の通電方向が決められている。したがって、媒体磁束が、センス電流磁界に妨げられることなく、感磁部である磁気抵抗効果膜1に流入するので、水平ヨーク型磁気ヘッドの感度を維持することができる。

【0060】図20は他の実施形態に係る水平ヨーク型磁気ヘッドの斜視図である。図20の水平ヨーク型磁気ヘッドは、磁気ヨーク5の磁気ギャップの真上からずれた位置に、磁気ギャップに対して対称的な位置に2つの電極2、2を形成している以外は図19と同様な構造を有する。また、図示は省略しているが、磁気ヨーク5の磁気ギャップ先端部分は磁気抵抗効果膜よりも導電率の高いCuで埋められている。この水平ヨーク型磁気ヘッドでは、センス電流は一方の電極2から、磁気抵抗効果膜1、磁気ヨーク5、磁気ギャップ部のCu、磁気ヨーク5、磁気抵抗効果膜1を通り、他方の電極2へと流れる。

【0061】この水平ヨーク型磁気ヘッドでも、磁気ヨーク5のギャップの真上に位置する磁気抵抗効果膜1の部分で、媒体対向面側でCoPtからなるバイアス印加膜3の着磁方向とセンス電流磁界が相殺されるように、センス電流の通電方向が決められている。したがって、媒体磁束が、センス電流磁界に妨げられることなく、感磁部である磁気抵抗効果膜1に流入するので、水平ヨーク型磁気ヘッドの感度を維持することができる。

【0062】次に、本発明に係る磁気ヘッドを搭載した磁気ヘッドアセンブリ、およびこの磁気ヘッドアセンブリを搭載した磁気ディスク装置について説明する。

【0063】図21(a)はCPP-GMRヘッドを搭載した磁気ヘッドアセンブリの斜視図である。アクチュエータアーム201は、磁気ディスク装置内の固定軸に固定されるための穴が設けられ、図示しない駆動コイルを保持するボビン部等を有する。アクチュエータアーム201の一端にはサスペンション202が固定されている。サスペンション202の先端にはCPP-GMRヘッドを搭載したヘッドスライダ203が取り付けられている。また、サスペンション202には信号の書き込みおよび読み取り用のリード線204が配線され、このリード線204の一端はヘッドスライダ203に組み込まれたCPP-GMRヘッドの各電極に接続され、リード線204の他端は電極パッド205に接続されている。

【0064】図21(b)は図21(a)に示す磁気ヘッドアセンブリを搭載した磁気ディスク装置の内部構造を示す斜視図である。磁気ディスク211はスピンドル212に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号に応答する図示しないモータにより回転する。アクチュエータアーム201は固定軸213に固定され、サスペンション202およびその先端のヘッドスライダ203を支持している。磁気ディスク211が回転すると、ヘッドスライダ203の媒体対向面は磁気ディスク211の表面から所定量浮上した状態で保持され、情報の記録再生を行う。アクチュエータアーム201の基端にはリニアモータの1種であるボイスコイルモータ214が設けられている。ボイスコイルモータ214はアクチュエータアーム201のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルとこのコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。アクチュエータアーム201は固定軸213の上下2個所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ214により回転摺動が自在にできるようになっている。

【0065】本発明の種々の実施形態に係る磁気抵抗効果素子は長手磁気記録方式だけでなく垂直磁気記録方式の磁気ヘッドまたは磁気記録再生装置にも適用することができ、同様の効果を得ることができる。磁気記録再生装置は固定式の記録媒体を備えたものでもよく、記録媒体がリムーバブルなものでもよい。

【0066】本発明の種々の実施形態に係る磁気抵抗効果素子は、磁氣的に情報を書き換え可能なMRAM (Magnetic Random Access Memory) にも適用することができ、同様の効果を得ることができる。

【0067】その他、上述した実施形態に基づいて当業者が適宜設計変更して実施しうるすべての磁気抵抗効果素子、磁気ヘッドおよび磁気記憶再生装置も同様に本発明の範囲に属する。

【0068】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、垂直通電磁界の影響を低減させることができる垂直通電型

磁気抵抗効果素子、この垂直通電型磁気抵抗効果素子を含む磁気ヘッド、およびこの磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図2】TMR膜からなる磁気抵抗効果膜の断面図。

【図3】CPP-GMR膜からなる磁気抵抗効果膜の断面図。

【図4】一実施形態に係る磁気抵抗効果素子の断面図。

【図5】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の断面図。

【図6】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の断面図。

【図7】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図8】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図9】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図10】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図11】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図12】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図13】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図14】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図15】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図16】他の実施形態に係る磁気抵抗効果素子の平面図。

【図17】一実施形態に係るシールド型ヘッドの斜視図。

【図18】図17のシールド型ヘッドを媒体対向面から見た平面図。

【図19】一実施形態に係る水平ヨーク型ヘッドの斜視図。

【図20】他の実施形態に係る水平ヨーク型ヘッドの斜視図。

【図21】一実施形態に係る磁気ヘッドアセンブリの斜視図、および磁気ディスク装置の内部構造を示す斜視図。

【図22】電極サイズと電極のエッジ部において磁気抵抗効果膜にかかる最大磁束密度との関係を示す図。

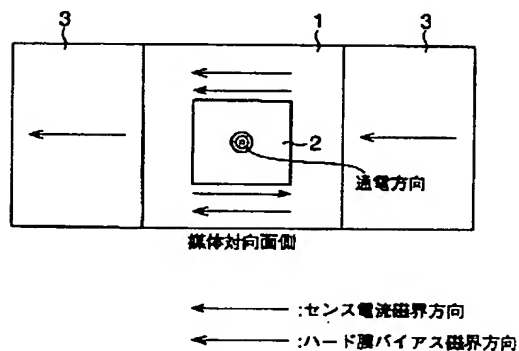
【図23】センス電流の大きさと電極のエッジ部において磁気抵抗効果膜にかかる最大磁束密度との関係を示す図。

【符号の説明】

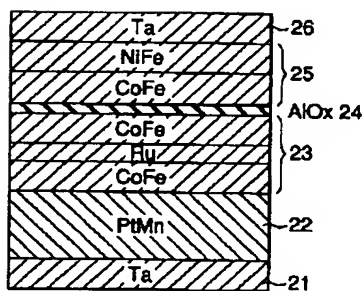
- 1…磁気抵抗効果膜
- 2…電極
- 3…バイアス印加膜
- 4…磁気シールド
- 5…磁気ヨーク
- 6…絶縁膜
- 11…軟磁性層
- 21…下地層
- 22…反強磁性層
- 23…磁化固着層（ピン層）
- 24…トンネル接合層
- 25…磁化自由層（フリー層）
- 26…保護層
- 31…下地層

- 32…反強磁性層
- 33…磁化固着層（ピン層）
- 34…非磁性中間層（スペーサー層）
- 35…磁化自由層（フリー層）
- 36…保護層
- 201…アクチュエータアーム
- 202…サスペンション
- 203…ヘッドスライダ
- 204…リード線
- 205…電極パッド
- 211…磁気ディスク
- 212…スピンドル
- 213…固定軸
- 214…ボイスコイルモータ

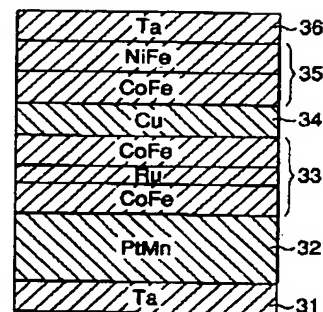
【図1】



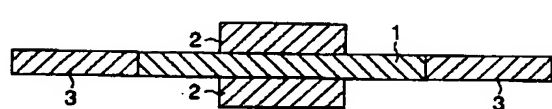
【図2】



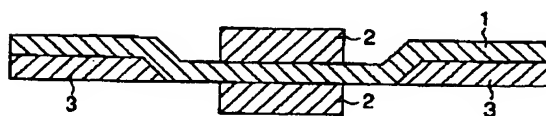
【図3】



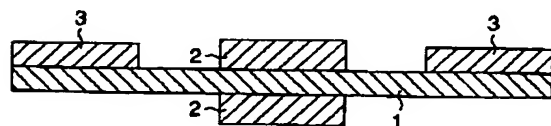
【図4】



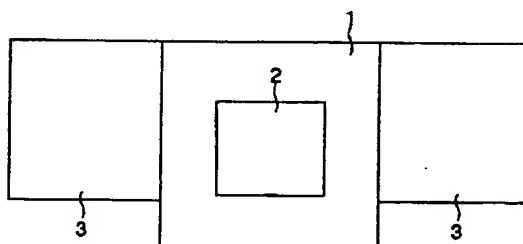
【図5】



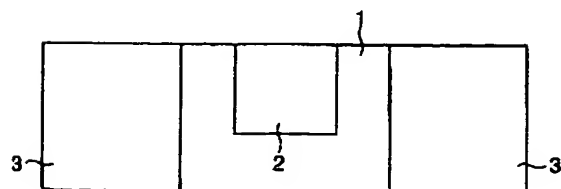
【図6】



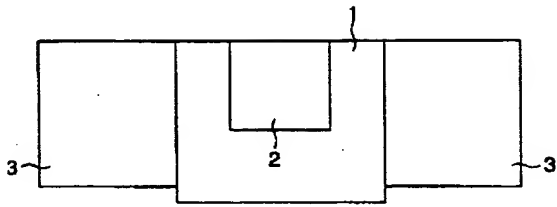
【図7】



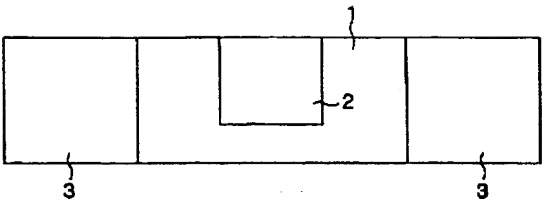
【図8】



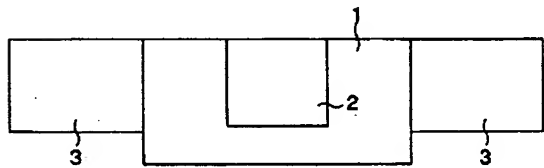
【図 9】



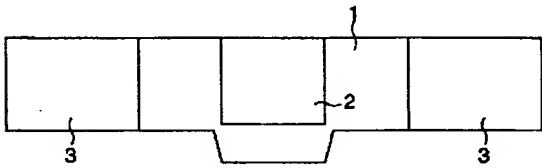
【図 10】



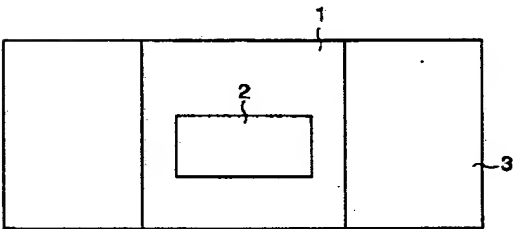
【図 11】



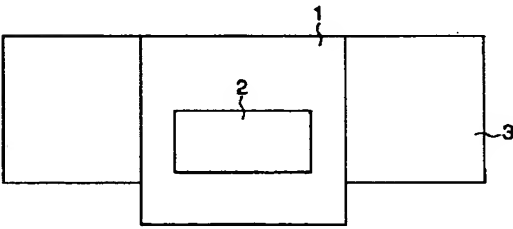
【図 12】



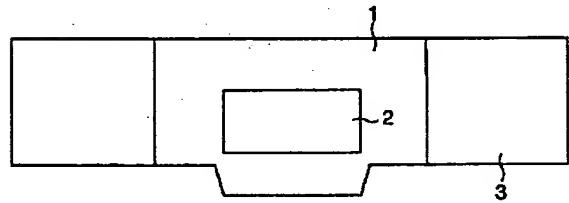
【図 13】



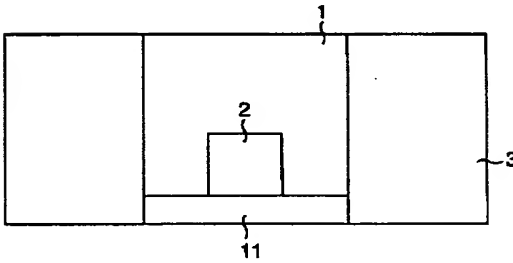
【図 14】



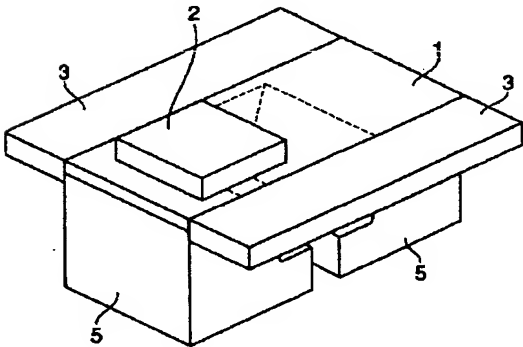
【図 15】



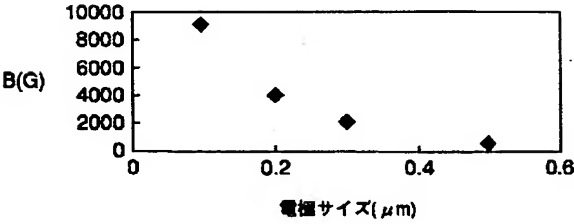
【図 16】



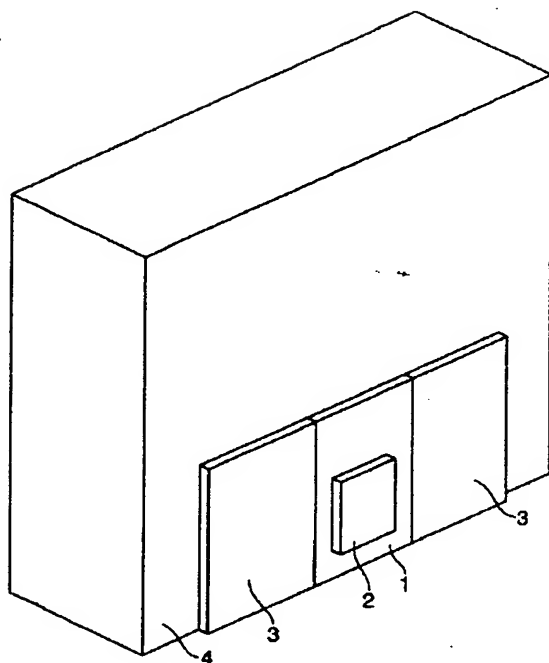
【図 19】



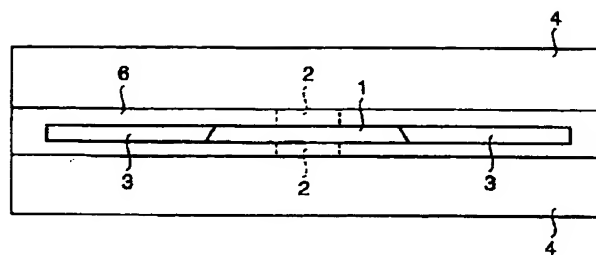
【図 22】



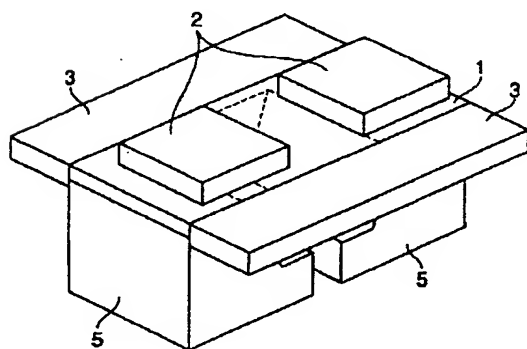
【図17】



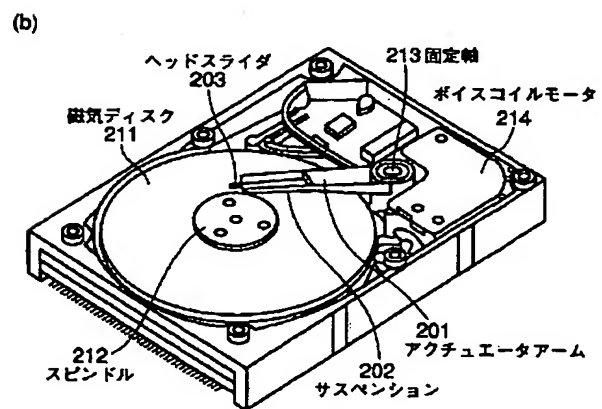
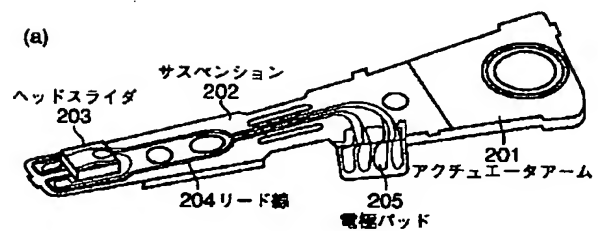
【図18】



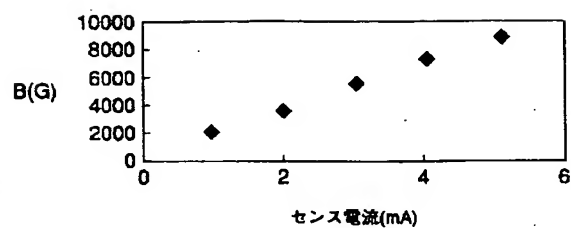
【図20】



【図21】



【図23】



フロントページの続き

(72) 発明者 吉川 将寿

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 館山 公一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

Fターム(参考) 2G017 AC01 AC07 AC09 AD55 AD63
AD65
5D034 BA04 BA06 BA08 BA12 CA04
CA08